

Сущность эффекта вихревого энергоразделения

Тувев Михаил Алексеевич

Толмачева Марина Ивановна, Ворончихин Сергей Геннадьевич

Вятский государственный университет

Ворончихин Сергей Геннадьевич, к.т.н.

nolinsk94@yandex.ru

Эффект вихревого энергоразделения (эффект Ранка-Хилша) – эффект разделения газа или жидкости на две фракции при закручивании в цилиндрической или конической трубе. На периферии образуется закрученный поток с большой температурой, а в центре – охлажденный поток, закрученный в противоположную сторону. Впервые данный эффект был открыт при исследовании работы циклонов французским инженером Ранком в 30-е гг. прошлого века. [1]

Эффект энергетического разделения закрученных потоков вязкого сжимаемого газа, реализуемый в вихревых трубах, значительно отличается от осевого движения потоков сплошной среды анизотропностью характеристик переноса импульса, активным возникновением вторичных течений, высокими градиентами давления, скорости и температур, а также трехмерной сущностью осредненных пульсационных характеристик [2].

Целью работы является определение сущности эффекта вихревого энергоразделения с точки зрения современных исследователей данного эффекта. Для достижения указанной цели были применены теоретические методы анализа и классификации.

Из всех возможных гипотез, объясняющих суть эффекта вихревого энергоразделения, наиболее точное и математически полное описание предлагает гипотеза взаимодействия вихрей А.П. Меркулова, дополненная и уточненная в ходе последующей работы учеников знаменитого профессора. Гипотеза представляет возможность рассчитать предельные характеристики вихревого эффекта исходя из того, что в сопловом сечении полностью завершается теплообмен между свободным вихрем, обладающим профилем тангенциальных скоростей по радиусу трубы, и вынужденным вихрем, вращающимся с постоянной угловой скоростью по радиусу трубы [2].

Современные исследователи выяснили, что ведущую роль в закрученных потоках занимают трехмерные винтовые структуры винтовой формы [3, 4]. Закрученный поток сжимаемой среды в камере энергоразделения вихревой трубы обладает сложной нестационарной трехмерной винтовой структурой течения. В трехмерной структуре закрученного потока экспериментально подтверждено наличие когерентных вихревых структур в виде вихревых жгутов, опоясывающих приосевое ядро, которое под воздействием первых находится в состоянии прецессирующего ядра - приосевого вынужденного вихря [5]. В результате выполнения работы была составлена следующая таблица:

Автор	Вклад
А. Гупта с соавторами	Указали на значительное влияние прецессии вихревого ядра на процесс энергоразделения
Н.А. Артамонов, Б.Ф. Абросимов, М.З. Максимченко	Наблюдения винтовой структуры потока в трубе Ранка
С.В. Лукачев	Объяснил существование регулярных пульсаций потока (типа прецессии) в вихревых трубах результатом возникновения крупномасштабных вихревых структур
С.В. Лукачев	Предложил гипотезу о возможности существования двойных и даже тройных вихревых образований на основе анализа сдвига фаз между пульсациями давления, измеренными в двух диаметрально противоположных точках вихревой трубы. Развитие этих представлений было продолжено в работе Ю.А. Кныша
С.В. Лукачев	Соотнес образование прецессирующего винтового вихря с распадом вихря
В.А. Арбузов с соавторами	Явное подтверждение существования винтообразных винтовых структур в вихревой трубе с помощью визуализации

Резюмируя проведенное исследование, можно сказать, что закрученный поток в вихревой трубе обладает сложной нестационарной трехмерной структурой. Сущностью эффекта вихревого энергоразделения является температурная стратификация сплошной среды. При этом очевидно, что энтальпия вынужденного вихря меньше энтальпии исходного потока, а энтальпия периферийного вихря выше энтальпии исходного потока. [2, 6].

Список публикаций:

- [1] Хаит А. В. Исследование эффекта энергоразделения с целью улучшения характеристик вихревой трубы: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.04.13 / Хаит А. В.; Уральский фед. ун-т им. первого президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург, 2012. - 199 с.
- [2] Бирюк В. В., Васильев В. К., Угланов Д. А., Горшكالев А. А., Шиманов А. А. Применение вихревого эффекта энергетического разделения газов. Методология проектирования новых устройств на уровне изобретений. Научно-практический журнал "Новые исследования в разработке техники и технологий". Сочи, №1, 2017. С 22-31.
- [3] Алексеенко С. В., Окулов В. Л. Закрученные потоки в технических приложениях (обзор) // Теплофизика и аэромеханика. - 1996. - Т.3, №2. С 101-138.
- [4] Ахметов Ю. М., Зангиров Э. И., Свистунов А. В. Возможный механизм течения вихревых закрученных потоков. Аэрогидромеханика. Москва. Труды МФТИ. Том 6, №2, 2014. С 99-104.
- [5] Пиралишвили Ш. А. Вихревой эффект. Теория, эксперимент, численное моделирование. Сборник научных трудов SWORLD. Технические науки - Машиноведение и машиностроение. Иваново. Том 3, №3, 2013. С 79-99.
- [6] Кузнецов В. И., Макаров В. В. К вопросу о сущности эффекта Ранка. Омский научный вестник. Серия "Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение". Омск. Том 2, №2, 2018. С 48-52. DOI: 10. 25206/2588-0373-2018-2-2-48-54.

Тепломассоперенос на межфазной границе жидкость-газ

Юнусов Игорь Олегович

Поликарпов Алексей Филиппович

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Поликарпов Алексей Филиппович

igor.iunusov@urfu.ru

Проблема тепломассопереноса на межфазной границе жидкость – газ является фундаментальной и играет важную роль для многих областей науки и технологии. Помимо фундаментального интереса, проблема тепломассопереноса носит и прикладной характер в задачах, связанных с движением потока газа в различного рода микросистемах широкого спектра применения. Большинство существующих теорий, описывающих процессы переноса, предполагают условие термодинамического равновесия жидкой и газовой фазы. Рассмотрим задачу тепломассопереноса в газе, заключенном между двумя слоями своей жидкости, нижний и верхний слои которой поддерживаются при температурах T_1 и T_2 соответственно. Давления, соответствующие температурам T_1 и T_2 , равны p_1 и p_2 . Задача заключается в исследовании распределения макропараметров в объеме газа, определении величины потоков массы и тепла, переносимых с межфазной границы.

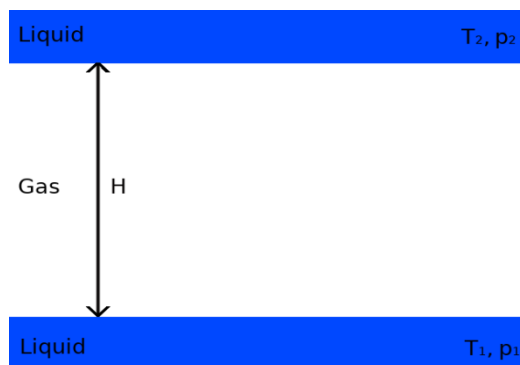


рис.1. Геометрия задачи

В общем случае, решение данной задачи основано на применении уравнения Больцмана и зависит от целого набора определяющих параметров: отношения давлений p_2/p_1 , отношения температур T_2/T_1 , параметра разреженности δ , определяемого как $\delta = H/l$, где l является длиной свободного пробега. При этом граничные условия, в основном, задаются полуфеноменологическими моделями, близкими по своей сути к модели зеркально-диффузного отражения, в которой роль коэффициента аккомодации играет коэффициент конденсации. Применение данных моделей делает невозможным учет физических процессов, связанных с